

CLIPPEDIMAGE= JP405335622A
PAT-NO: JP405335622A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05335622 A
TITLE: SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE

PUBN-DATE: December 17, 1993

INVENTOR- INFORMATION:

NAME
IMAI, HIDEAKI

ASSIGNEE- INFORMATION:

NAME	COUNTRY
ASAHI CHEM IND CO LTD	N/A

APPL-NO: JP04135220

APPL-DATE: May 27, 1992

INT-CL (IPC): H01L033/00

UE-CL-CURRENT: 257/103

ABSTRACT:

PURPOSE: To obtain a gallium nitride semiconductor device having high light extracting efficiency by forming a light emitting layer of a gallium nitride compound and extracting light from an electrode on which a pattern for uniformly applying a voltage is formed.

CONSTITUTION: After an n-GaN semiconductor layer is formed by opening a Ga shutter 13 while a substrate 8 is heated to and maintained at 700°C and an ammonia gas is supplied from a cracking gas cell 6, a Zn-doped p-GaN semiconductor layer is grown on the n-GaN semiconductor layer by opening shutters 11 and 160. Then an element pattern and electrodes are formed through a precise machining process and an Al electrode and netlike Au electrode (covering 15% of the surface) are respectively formed on the surface of the n-GaN and p-GaN semiconductor layers by vacuum deposition. Therefore, a semiconductor light emitting device having an excellent performance can be

obtained when a package is formed after elements are cut off with
a dicing saw
and wiring is made with gold wires.

COPYRIGHT: (C)1993, JPO&Japio

(19)日本特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-335622

(43)公開日 平成5年(1993)12月17日

(51)Int.Cl.

11011L 33/00

識別記号

片内整理番号

C 8934 4M

E 8934 4M

F I

技術表示箇所

(21)出願番号

特願平4-135220

(22)出願日

平成4年(1992)5月27日

(71)出願人 000000033

旭化成工業株式会社

大阪府大阪市北区堂島浜1丁目2番6号

(72)発明者 今井 秀秋

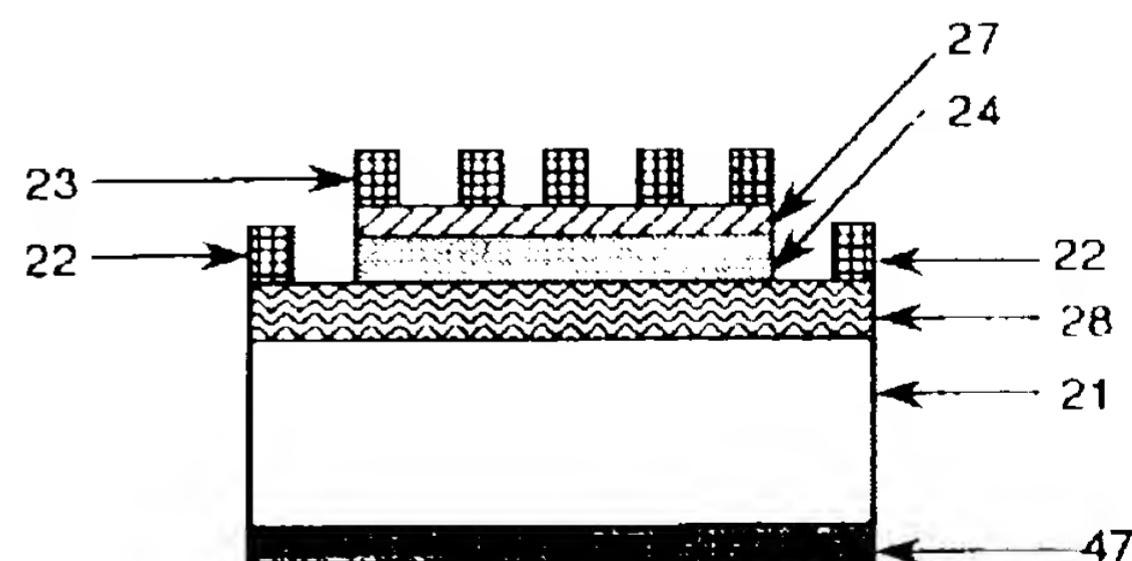
静岡県富士市駒島2番地の1 旭化成工業
株式会社内

(54)【発明の名称】 半導体発光装置

(57)【要約】

【目的】 光の取り出し効率に優れる半導体発光装置を得ること。

【構成】 透明基板上に形成される窒化ガリウム系半導体からなる発光層の上型あるいは下型半導体層に均一に電圧を印加するためのパターン形成した電極が該半導体表面層の表面を10%超えない範囲で被覆し、電極側から光を取り出すことができる半導体発光装置。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明基板上に窒化ガリウム系化合物からなるN型半導体層およびP型あるいはN型半導体層を組み合わせてなる発光層を少なくとも一つ有し、該発光層に電圧を印加するための半導体層の所望の部位に電極が形成されている半導体発光素子構造において、P型あるいはN型半導体層を表面層とし、かつ該P型あるいはN型半導体層からなる表面層に電圧を均一に印加するためのバターンを形成された電極が、該半導体表面層の表面を、50%を超えない範囲で覆い、その電極側から光を取り出すことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項2】 透明基板上の方の基板面に少なくとも一層の金属層を有し、かつその反対側の基板面上に窒化ガリウム系化合物からなるN型半導体層およびP型あるいはN型半導体層を組み合わせてなる発光層を少なくとも一つ有し、該発光層に電圧を印加するための半導体層の所望の部位に電極が形成されている半導体発光素子構造において、P型あるいはN型半導体層を表面層とし、かつ該P型あるいはN型半導体層からなる表面層に電圧を均一に印加するためのバターンを形成された電極が、該半導体表面層の表面を、50%を超えない範囲で覆い、その電極側から光を取り出すことを特徴とする半導体発光装置。

【請求項3】 窒化ガリウム系化合物のP型あるいはN型半導体層からなる表面層に形成された電極のバターンがネット状、タブ状あるいはアーチ状であることを特徴とする請求項1あるいは2記載の半導体発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、特に表示、ディスプレイ、光通信に最適な紫外域・橙色半導体発光装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術】 半導体素子、特に可視域発光ダイオード(以下)は、広い分野において表示素子として使用されていながら、従来、紫外域・青色発光ダイオードおよびP-N-P-Nダイオードは実用化されておらず、特に3原色を必要とするディスプレイとして開発が急がれている。紫外域・青色発光ダイオードおよびP-N-P-Nダイオードとしては、ZnSSe、ZnS、GaNやSiCなどを用いたものが報告されている。

【0003】 しかし、一般的に大きなバニヤンアップを有する化合物半導体の作製は難しく、とくに発光素子に使用可能な薄膜の製造方法はまだ確立されているとは言えない。そのなかで、短波長発光素子として有望視されている窒化ガリウム系半導体薄膜は、これまでにサファイア基板上にMBE法、MOCVD法、パロゲンCVD法、スパッタリング法により作製されている。プログレス・オブ・クリスタルクロース・アンド・キャラクタライゼイション(Progress of Crystal

Growth and Characterization) 17 (1988) 53-78)。窒化ガリウム系半導体薄膜においてはそれ自身の単結晶基板がないため、ベーリエビクター法による薄膜成長を行なうことはならず、発光素子として使用できる結晶性の良好な薄膜を作製することが困難であるといふ問題点がある。基板としては、サファイア、酸化亜鉛、シリコン、石英、SiC、Al₂O₃やGaN等が用いられている。しかし、シリコン、SiC、Al₂O₃やGaN等はP-N半導電性の基板上での結晶性の良好な窒化ガリウム系半導体薄膜の成長は困難であり、従来は絶縁性の基板が主として用いられている。なかでも、サファイアの面基板を用いてその上にAlNのバッファーレイヤーを設けることにより結晶性の良好なGaN薄膜を得ることができるという報告がある(日本結晶成長学会誌 115 (1983) 33-1-34-2)。しかししながら、絶縁性の基板を使用するため、電極の取り出し方法が困難であるとか、発光した光を基板を通して取り出すために基板による光の吸収があるため発光効率が低くなるとかいふ問題点がある。

【0004】 したがって、窒化ガリウム系半導体薄膜からなる光の取り出し効率の良い発光装置を得ること困難であり、とくに短波長発光素子作製の人材が開拓点である。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明は、短波長発光素子として、発光した光の取り出し効率に優れ、かつ電極の形成および取り出しが容易な窒化ガリウム系半導体発光装置を提供しようとするものである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明者は前記問題点を解決するため鋭意研究を重ねた結果、基板を通して発光した光を取り出すことができる構造とすることにより、優れた性能を有する半導体発光装置を得ることを可能とした。すなわち、本発明は透明基板上に窒化ガリウム系化合物からなるN型半導体層およびP型あるいはN型半導体層を組み合わせてなる発光層を少なくとも一つ有し、該発光層に電圧を印加するための半導体層の所望の部位に電極が形成されている半導体発光素子構造において、P型あるいはN型半導体層を表面層とし、かつ該P型あるいはN型半導体層からなる表面層に電圧を均一に印加するためのバターンを形成された電極が、該半導体表面層の表面を、50%を超えない範囲で覆い、その電極側から光を取り出すことを特徴とする半導体発光装置、および透明基板上の方の基板面に少なくとも一層の金属層を有し、かつその反対側の基板面上に窒化ガリウム系化合物からなるN型半導体層およびP型あるいはN型半導体層を組み合わせてなる発光層を少なくとも一つ有し、該発光層に電圧を印加するための半導体層の所望の部位に電極が形成されている半導体発光素子構造において、P型あるいはN型半導体層を表面層とし、かつ

該ド型あるいは上型半導体層からなる表面層に光柱を均一に印加するためのパターンを形成された電極が、該半導体表面層の表面を、20%を超えない範囲で覆い、その電極側から光を取り出すことを特徴とする半導体発光装置である。

【0007】本発明においては、基板としては透明で表面が平坦であれば良く、一般的に用いられるガラス、多結晶基板、あるいは単結晶基板を用いることができる。その例としては、石英ガラス、高純度酸ガラス等のガラスや、炭化ケイ素(SiC)、酸化マグネシウム(MgO)、リフティア(Al₂O₃)、石英(SiO₂)、酸化チタン(TiO₂)、チタン酸ストリチウム(SrTiO₃)、マンタンアルミニート(LaAlO₃)等の単結晶基板がある。なかでも、上記のような単結晶基板において、該基板上に直接形成する炭化ガリウム系半導体の少なくとも一つの格子定数の整数倍が、該単結晶基板の格子定数の整数倍と5%以下、好ましくは2%以下のミスマッチとなるような表面を出した単結晶基板を用いることが好ましいものとされる。このような表面を有する基板を得る方法としては、単結晶基板の適当な面を基準として、これから所望の角度だけ傾いた面が出来るように結晶を成長させると、基準となる面を有する結晶を成長した後にカッティング・研磨することにより行うことができる。これにより、この基板上に結晶性の良好な炭化ガリウム系半導体薄膜を形成することが可能となる。この場合に、基板面のRHEED (Reflection High Energy Electron Diffraction) パターンにおいてストライクパターンが観察できる基板であればさらに良質な炭化ガリウム系半導体薄膜を得ることができる。さらに、一般的に用いられるガラス、多結晶基板あるいは単結晶基板の上に、炭化ガリウム系半導体の格子定数が、該単結晶基板の格子定数の整数倍と5%以下のミスマッチとなるような単結晶あるいは高配向性の薄膜を形成せしめて、その上に目的とする炭化ガリウム系半導体薄膜を成長することもできる。

【0008】本発明において、炭化ガリウム系化合物とはガリウム単独からなるGaN半導体あるいはカリウムとII-III族元素からなるガリウム系混晶半導体のことである。ガリウム系混晶半導体としてはGaN_xN、Ga_{1-x}Al_xN、Ga_{1-x}In_xN、Ga_{1-x}Al_xBN等があるがとくにこれらに限定されるものではない。炭化ガリウム系化合物の導電型を制御するためには適当な不純物をトーピングすればよいが、上型ドーパントの例としてはSi、Ge、C、Sn、Se、Te等があり、下型ドーパントの例としてはMg、Ca、Sr、Zn、Be、Cd、Hg等がある。これらのドーパントの種類とトーピング量を変えることによってキャリアーの種類やキャリアー密度を変えることができる。また、この時に膜厚の方向によりトーピングする濃度を変えた構造としたり、

特定の層のみにトーピングするトーピング層を設けた構造とするなどもできる。トーピングの方法としては、窒化ガリウム系半導体薄膜を形成した後、あるいは薄膜作製後にイオン注入や拡散法等によって行うことができる。

【0009】本発明の半導体発光装置としては、少なくとも一種類の上型窒化ガリウム系半導体層および下型あるいは上型半導体層を組み合わせて左右発光層を有し、その発光層は、これらの半導体層を適当に組み合わせれば上く述べたように、P-GaN-P-GaN、P-GaN-P-Ga_{1-x}Al_xN-P-Ga_{1-y}Al_yN等の上型構造を有し、さらにそれぞれの層は組成の異なる単結晶窒化ガリウム系半導体層を用いることも可能である。また、単結晶窒化ガリウム系半導体からなる量子井戸構造を形成せしめて、発光効率を高めたり発光波長を制御することもできる。

【0010】半導体発光装置の構造の例としては、図3に示すP-GaN-P-GaN層外に示すP-Ga_{1-x}Al_xN-P-Ga_{1-y}Al_yNの他に、P-Ga_{1-x}Al_xN-P-Ga_{1-y}Al_yN、n-GaN-P-GaN、n-Ga_{1-x}Al_xN-P-Ga_{1-y}Al_yN(O₂、N₂、H₂、Ar等)、あるいは図5に示すP-GaN-P-GaN-P-GaN、図6に示すP-Ga_{1-x}Al_xN-P-Ga_{1-y}Al_yN(O₂、N₂、H₂、Ar等)、図7に示すP-Ga_{1-x}Al_xN-P-Ga_{1-y}Al_yN(O₂、N₂、H₂、Ar等)、図8に示すP-Ga_{1-x}Al_xN-P-Ga_{1-y}Al_yN(O₂、N₂、H₂、Ar等)、図9に示すP-Ga_{1-y}Al_yN-P-Ga_{1-x}Al_xN-P-Ga_{1-y}Al_yN(O₂、N₂、H₂、Ar等)、図10に示すP-GaN-P-GaN-P-Ga_{1-x}Al_xN-P-Ga_{1-y}Al_yN(O₂、N₂、H₂、Ar等)、図11に示すGaN_xAl_{1-x}N-P-Ga_{1-y}Al_yN(O₂、N₂、H₂、Ar等)、図12に示すGaN_xAl_{1-x}N-P-Ga_{1-y}Al_yN(O₂、N₂、H₂、Ar等)等がある。ここで、組成傾斜構造とは基板側から発光層側へ順次混晶の組成を変化せしめて格子整合をとることにより発光層の特性を向上することを可能としたもので、正超格子層とは組成の異なる数百オングストローム以下の超薄膜を交互に積層して基板と発光層の間の歪を緩和して発光特性を向上することを可能としたものである。量子井戸構造とは量子効果が発現する数百オングストローム以下の厚さの炭化ガリウム系半導体混晶の活性層をそれよりもバンドギャップの大きさを炭化ガリウム系半導体混晶のクラッド層ではさんだ構造である。このような構造を持つ有する单一量子井戸構造や、

この量子井戸構造を薄いバリア層で隔てて多層構造した多量子井戸構造とすることにより、発光効率を高めたり、発光のしきい値電流を低くするなども可能である。また図14にはIn_xGaN_{1-x}N/P-In_xN-In_yN-GaN_{1-x}In_yN/P-GaN_xIn_yN(CO₃X_{1-x}Y_xAl_y1-y)のような発光層を2層有するような構造を示す。この場合、たとえば電極2と電極2'の間に電圧を印加すると青色の発光を、電極2と2'を電極2の間に電圧を印加すると緑色の発光を、電極2と2'と電極2の間に電圧を印加すると黄色の発光を得る。これが、このように電圧を印加する電極を選べば、これによって2つの異なる発光色や中間色を発光できる素子を得ることが可能となる。

【0011】本発明における窒化ガリウム系半導体薄膜の全体膜厚としては、とくに限定されないが、エッチング等のプロセスを容易にするためには、5μm以下にすることが好ましく、さらに好ましくは3μm以下にすることである。本発明において、ド型あるいはn型半導体層を基板側から一番遠い位置に設ける。すなわち表面層となるが、その上に発光層に電圧を印加するための電極を形成せしめる。ド型あるいはn型半導体層の表面に均一に電圧を印加することができる発光装置の発光輝度を上げたり、発光を半導体層の表面で均一に行うことができる好ましいものとなる。ド型あるいはn型半導体層の表面に形成する電極の材料としてはAl、In、GaN、Al_xGaN、Al_xIn_y、Pt、Ir、Pd、Ru、W、Ti、Ni等の金属の単体あるいはそれらの合金やIn、W、Mo等のシリサイドを用いることができる。ド型あるいはn型半導体層と直接に接触する電極の材料としては、仕事関数が3.4eV以上であることが好ましく、さらに好ましくは4.0eV以上であり、これにより電極と該ド型あるいはn型半導体層間のバリアーを小さくして良好なオーム特性を得ることができる。その場合、これらの電極材料を一層のみとするか、あるいは積層構造とするとも可能である。とくに、Ni、W、Ti等のより高い融点の金属を積層する構造とするにとにより、電極の耐熱性、耐ボンディング性を向上せしめるのも好ましいものである。発光素子を均一に発光させるためにド型あるいはn型半導体層に均一に電圧を印加することが好ましく、さらに発光した光を電極側から取り出せために該ド型あるいはn型半導体層の表面を電極が覆う面積は10%以下、好ましくは40%以下、さらに好ましくは50%以下とすることである。そのために、電極はド型あるいはn型半導体層の表面上にパターンを形成することが必要で、パターンの例としては図15に示すネット状、図16に示すクシ状、図17に示すミアンダ状とすることができるが、さらにはこれらのパターンの組合せや渦状、島状等があるが、とくにこれらに限定されるものではない。電極の幅と電極間の距離はド型あるいはn型半導体層の電気的抵抗や印加する電圧の大きさにより

変更はよろしく、電極の幅を狭くして、電極間の距離を小さくすれば、光の取り出し効率が向上する。電極の幅をサブミクロン程度とし、かつ電極間もサブミクロン程度の間隔とするにとによりド型あるいはn型半導体層の表面上に電圧を印加するとともに光の取り出し効率も大きくなることがである。

【0012】また、本発明においては、透明基板上の窒化ガリウム系化合物が形成されて、その面上に図18に示すように少なくとも一層の金属層を設けることが好ましいものとなる。この金属層は窒化ガリウム系化合物のド型半導体層はド型あるいはn型半導体層を組み合せて成る発光層において発光し、基板を通して出射する光を反射して電極側から取り出すことを可能とするものである。これにより、発光素子の光の取り出し効率を高めることができる。金属層として使われる材料としては、Al、In、GaN、Al_xGaN、Al_xIn_y、Pt、Ir、Pd、Ru、W、Mo、Ti、Ni等の金属の単体あるいはそれらの合金がある。金属層は、一層だけでもよいが、反射鏡付きフレームパッケージするときの耐久性、耐熱性や耐ボンディング性等を向上せしめるために、Ni、W、Mo等の高融点の金属を積層した構造とすることも好ましいものとなる。

【0013】つぎに本発明の発光素子の製造方法について説明する。本発明においては、窒化ガリウム系化合物からなる半導体薄膜の作製方法としては、CVD (Chemical Vapor Deposition) 法、MOCVD (Metal-Organic Chemical Vapor Deposition) 法、ガスソースMBE (Gas Source Molecular Beam Epitaxy) 法等がある。なかでも有機化合物を用い、高真空中で薄膜成長が可能なガスソースMBE法が良質な窒化ガリウム系半導体薄膜を作製できる点で好ましいものである。

【0014】以下、ガスソースMBE法において、窒素を含有するガス状化合物のガスバースと、固体バースを併用するにとにより、基板上に所望の窒化ガリウム系半導体からなる積層構造を作製する方法について説明する。ここで、窒素を含有するガス状化合物としては、アモニアガス、二酸化窒素、ヒドロジルヒドロゲン等を単独で、あるいはアンモニアガス、二酸化窒素、ヒドロジルヒドロゲン等を主体とする混合ガスを用いることができる。混合ガスとしては、上記の主要な化合物を窒素、アルゴンベリウム等の不活性ガスで希釈して使用することも可能である。窒素を含有するガス状化合物の供給量は基板表面において(1)の供給量より大きくなる必要があり、窒素を含有するガス状化合物の供給量が(1)の供給量より小さくなると生成するGaN半導体薄膜からの窒素の抜けが大きくなるため良好なGaN半導体薄膜を得ることが困難となる。したがって、窒素を含有するガス状化合物の供給量は(1)

体ソースより10倍以上、好ましくは100倍以上、さらに好ましくは1000倍以上にすることができる。窒素を含有するガス状化合物の供給方法としてはガスセルを用いればよく、これは炭化ボロン、アルミナ、石英、ステンレス等の管を基板面に開口部を向けて薄膜成長装置内に設置し、バルブや流量制御装置、圧力制御装置を接続する。また供給量の制御や供給の開始・停止を行うなどをできることで、アンモニアガス、アーフ化窒素、七フランジアルミニウム等を活性化した状態で基板表面に効率的に供給するといつて好ましいものとなる。クラッキングガスセルとは、触媒の存在下においてアンモニアガス、アーフ化窒素、七フランジアルミニウム等を加熱し、効率良く活性化せしめるものであって、触媒としてはアルミニウムシリカ、炭化アルミニウムのようないわゆるタクスを纖維状あるいは多孔質状にして表面積を大きくするものが好ましいものとなる。クラッキングの温度は触媒の種類、ペアンモニアガス、アーフ化窒素、七フランジアルミニウム等の供給量等によって変化するところが必要であるが、100~600°Cの範囲に設定するところが好ましいものとなる。

【0015】ガスソースMBE法により炭化ガリウム系半導体薄膜を作製する。此時、GaN半導体A上の上にナトリウム金属元素と窒素を含有するガス状化合物を同時に基板面に供給したり、GaNと窒素を含有するガス状化合物を交互に基板面に供給したり、あるいは薄膜成長時に成長中断して結晶化を促進したりする方法を行ふとともにできる。とくに、日本特許(昭59-11145)、High Energy Beam CVD (High Energy Beam CVD) パターンを観察してストリーカーを見ることを確認しながら膜成長を行うことは好ましいものである。

【0016】以下、一例としてアンモニアガスを用いたガスソースMBE法により作製した炭化ガリウム系半導体薄膜からなる発光素子の製造方法について説明するが、とくにこれに限定されるものではない。装置としては、図1に示すような真空容器1内に、蒸発用ルツボ(クスター・センセル)2、3、4および5、クラッキングガスセル6、基板加熱ルルダーフ7、および日本特許クリーンルーム11を備えたガスソースMBE装置を用いた。

【0017】蒸発用ルツボ4にはGaN金属を入れ、基板面において10¹³~10¹⁴ cm²·secになる温度に加熱した。アンモニアガスやアーフ化窒素の導入にはクラッキングガスセル6を用い、アンモニアガスやアーフ化窒素を基板8に直接吹き付けるように設置した。導入量は基板表面において10¹⁶~10¹⁸ cm²·secになるように供給した。蒸発用ルツボ4および5にはMg、Ca、Zn、Be、Cd、Sr、Hg、Li等のP型半導

素8(=GaN)半導体A上の等のP型半導体Aの導入を入れ、所定の供給量になるように温度および供給時間を制御することによりドーピングを行なう。

【0018】基板8上では、サブストラット面からサブストラット軸のR面射影を回転軸として、2度回転させた面を使用し、200~900°Cに加熱した。また、基板8を真空容器1内に900°Cで加熱した後、所定の成長温度に設定し、0.1~30オングストローム/secの成長速度で膜厚0.1~3μmのP型半導体薄膜をつくり、蒸発用ルツボ5および蒸発用ルツボ6の間のシャッターを同時に開けて膜厚0.01~0.5μmのP型あるいはN型半導体薄膜を形成せしめ、発光素子用の積層薄膜を作製した。本発明において、日本特許(昭59-11145)のストリーカーパターンを見ながら膜成長を行うことは好ましいものである。

【0019】ついて、該積層薄膜にプロセシングを行うことにより、素子の形状を決めるとともに電圧を印加するための電極を設ける。リソグラフィープロセスは通常のスルトロジスト材料を用いる一般的なプロセスで行なうことができる。エッチング法としてはドライエッチング法を用いることが好ましい。ドライエッチング法としては、イオンミリング、干式干式ミーティング、反応性イオンエッチング、イオンビームアシストエッチング、集束イオンビームエッチングを用いることができる。とくに本発明においては、炭化ガリウム系半導体の積層薄膜の全膜厚が小さいためこれらのドライエッチング法が効率的に適用できるのも特長の一端である。

【0020】P型あるいはN型半導体層の表面に均一に電圧を印加するための電極の材料としてはAl、In、Cu、Ag、Au、Pd、Ti、Pt、Rb、W、Ta、Ti、N等の金属の単体あるいはこれらの合金やPd、W、Mo等のセリウム下を用いることができる。電極は、MBE法、CVD法、真空蒸着法、電子ビーム蒸着法やスパッタ法により作製することができる。また、発光層が形成されている面と反対側の面上に形成する金属層の材料としてはAl、In、Cu、Ag、Au、Pd、Ti、Pt、Rb、W、Ta、N等の金属の単体あるいはこれらの合金を用いることができる。これらの金属触媒は、MBE法、CVD法、真空蒸着法、電子ビーム蒸着法やスパッタ法により作製することができる。また、半導体の積層構造を作製する場合にはこれらの方法を組み合わせることにより行なうことができる。

【0021】このような方法によって得られたウエハをダイシングソー等で切断し、ワイヤーボンダーにより金線を用いて配線し、エポキシ系樹脂、メタクリル系樹脂やカーボネート系樹脂等によるパッケージを行い、発光素子を作製した。

【0022】

【実施例】以下、実施例によりさらに詳細に説明する。発光強度は発光表面から垂直軸上2.0cmの距離で測定

した。

【0023】

【実施例1】アンモニアガスを用いたガスソースMBE法により、サファイア基板上にGaN半導体積層薄膜を成長し、それを使用した青色の発光素子を作製した例について説明する。図1に示すように真空容器1内に、蒸発用ルツボ13、14およびクラッキングガスセル15、基板加熱ホルダー7、四重極質量分析器9、日本電子用電子銃10、および日本電子DSクリーン11を備えたガスソースMBE装置を用いた。

【0024】蒸発用ルツボ13にはGaN金属を入れ100°Cに加熱し、蒸発用ルツボ14にはアスリドを入れ100°Cに加熱した。ガス導入には内部にアルミニウムバーナーを充填したクラッキングガスセル15を使用し、400°Cに加熱して、ガスを直接に基板7に吹き付けるようにして5cc/minの速度で供給した。基板8としては20mm角の大きさのサファイア平面からサファイア軸の片面射影を回転軸とし、90度回転、各面を用いた。

【0025】真空容器内の圧力は、成膜時において1×10⁻⁶Torrであった。まず、基板8を900°Cで30分間加熱し、ついで700°Cの温度に保持し成膜を行った。成膜はアンモニアガスをクラッキングガスセル15から供給しながら、まずDSのシャッター13を開け、1.0オングストローム/secの成膜速度で膜厚60.00オングストロームのn-GaN半導体層を作製する。つぎに、シャッター13とともにシャッター16を開け該GaN半導体薄膜上に80.0オングストロームのZnをドーピングした。GaN半導体層を成長し、GaN半導体積層薄膜を作製した。

【0026】ついて、微細加工プロセスを適用することにより、素子パターンの作製および電極の形成を行った。ソグラフィープロセスは通常のフォトレジスト材料を用いる方法により行ったことができ、エッチング法としてはイオンミリング法により、素子パターンの作製を行った。ついて、n-GaN半導体層にはAl電極を、p-GaN半導体層には電極幅が2.0μmで電極間距離が5.0μmのネット状のAl電極（表面の25%を覆う）をそれぞれ真空蒸着法によって形成した。この素子の断面構造を図3に、ダイオード特性を図4に示す。

【0027】この方法により得られた素子をダイシングソーで切断し、ワイヤーボンダーにより金線を用いて配線を行った後、エポキシ樹脂によりパッケージングした。この素子の電極に1.0Vの電圧を印加して1.3mAの電流を注入すると、発光強度が9.0mcdの青色の発光が観測された。

【0028】

【実施例2】アンモニアガスを用いたガスソースMBE法により、サファイア基板上にGaN半導体積層薄膜を成長し、それを使用した発光素子を作製した例について

説明する。図1に示すように真空容器1内に、蒸発用ルツボ13、14およびクラッキングガスセル15、基板加熱ホルダー7、四重極質量分析器9、日本電子用電子銃10、および日本電子DSクリーン11を備えたガスソースMBE装置を用いた。

【0029】蒸発用ルツボ13にはGaN金属を入れ100°Cに加熱し、蒸発用ルツボ14にはアスリドを入れ100°Cに加熱した。ガス導入には内部にアルミニウムバーナーを充填したクラッキングガスセル15を使用し、400°Cに加熱して、ガスを直接に基板7に吹き付けるようにして5cc/minの速度で供給した。基板8としては20mm角の大きさのオフ角が0.3度のサファイア平面を用いた。

【0030】真空容器内の圧力は、成膜時において1×10⁻⁶Torrであった。まず、基板8を900°Cで30分間加熱し、ついで700°Cの温度に保持し成膜を行った。成膜はアンモニアガスをクラッキングガスセル15から供給しながら、まずDSのシャッター13を開け、1.0オングストローム/secの成長速度で膜厚60.00オングストロームのn-GaN半導体層を、続けて80.00オングストロームのp-GaN半導体層を形成し、ついでシャッター13とともにシャッター16を開けZnをドーピングした50.0オングストロームの厚みのp-GaN半導体層を形成し、GaN半導体積層薄膜を作製した。

【0031】ついて、微細加工プロセスを適用することにより、素子パターンの作製および電極の形成を行った。ソグラフィープロセスは通常のフォトレジスト材料を用いるプロセスにより行ったことができ、エッチング法としてはイオンミリング法により、素子パターンの作製を行った。ついて、n-GaN半導体層にはAl電極を、p-GaN半導体層には電極幅が2.0μmで電極間距離が5.0μmのネット状のAl電極（表面の25%を覆う）をそれぞれ真空蒸着法によって形成した。この素子の断面構造を図4に示す。

【0032】この方法により得られた素子をダイシングソーで切断し、ワイヤーボンダーにより金線を用いて配線を行った後、エポキシ樹脂によりパッケージングした。この素子の電極に1.0Vの電圧を印加して1.0mAの電流を注入すると、発光強度が7.0mcdの青色の発光が観測された。

【0033】

【実施例3】GaN半導体積層薄膜が形成されていない基板面に金属層を形成する以外は、実施例2と同様の方法によりGaN半導体積層構造を作製した。金属層は50.00オングストロームのAl層とし、真空蒸着法により作製した。この素子の断面構造を図18に示す。この素子の電極に1.0Vの電圧を印加して1.0mAの電流を注入すると、発光強度が8.0mcdの青色の発光が観測された。

11

【0031】

【実施例1】アンモニアガスを用いたガスソースMB法により、リサイクル基板上にGaN/N組成傾斜構造を成長し、その上にGaN/N混合晶からなる発光層を形成し、それを使用した青色の発光素子を作製した例について説明する。図1に示すように真空容器内に、蒸発用ルッソボ³、3.1および、クラッキングガスセル6、基板加熱ホルダ⁷、四重極質量分析器⁸、日本電子用電子錶10、および、日本電子クリーン11を備えたガスソースMB法装置として用いた。

【0035】蒸発用ルッソボ³にはGd₂O₃金屬を入れ1000°Cに加熱し、蒸発用ルッソボ³にはMg₂金屬を入れ880°Cに加熱し、蒸発用ルッソボ³にはMg₂金屬を入れ290°Cに加熱した。ガスの導入には内部にアルミニウムバーを充填したクラッキングガスセル6を使用し、400°Cに加熱して、ガスを直接に基板7に吹き付けるようにして5cc/minの速度で供給した。

【0036】基板8としては、20mm角の大ささのサファイア上面から、サファイア軸の上面射影を回転軸として、2度回転させた面を用いた。真空容器内の圧力は、成膜時において1.10×10⁻⁴Torrであった。また、基板8を900°Cで30分間加熱し、ついで700°Cの温度に保持し成膜を行った。成膜はアンモニアガスをクラッキングガスセル6から供給しながら、まず10秒間Gd₂O₃のシャッター¹³のみを開け、ついでGd₂O₃ルッソボ³のシャッター¹³を開けて、蒸発ルッソボ³の温度を880°Cから910°Cまで0.16°C/minの速度で昇温しながら、1.0オングストローム/secの成膜速度で、膜厚30.0±0.01オングストロームのGaNからGaN_{0.95}T_{0.05}N組成傾斜構造を有するGaN/N混合晶薄膜を作製する。つぎに、該GaN/N混合晶薄膜上に2000.0オングス²ストロームの正型GaN_{0.95}T_{0.05}N半導体層を成長し、さらにその上に蒸発ルッソボ³、3および、3のシャッター¹³を開けてMg₂をドーピングした正型GaN_{0.95}T_{0.05}N半導体層を成長し、GaN/N混合晶横層薄膜を作製した。

【0037】ついで、微細加工プロセスを適用することにより、素子パターンの作製および電極の形成を行う。リソグラフィープロセスは通常のフォトレジスト材料を用いるプロセスにより行うことができる。エッチング法としてはイオンミリング法により、素子パターンの作製を行った。ついで、p-GaN半導体層にはAl電極を、n-GaN半導体層には電極幅が20μmで電極間距離が50μmのネット状のAl電極（表面の20%を覆う）をそれぞれ真空蒸着法によって形成した。この素子の断面構造を図1-1に、平面構造を図1-2に示す。

【0038】この方法により得られた素子をダイシングソーで切断し、ワイヤーボンダーにより金線を用いて配線を行った後、エボキシ樹脂によりパッケージングし

た。この素子の電極に10Vの電圧を印加して1.3mAの電流を注入すると、発光強度が7.0mcdの青色の発光が観測された。

【0039】

【実施例2】実施例1において、p-GaN/N半導体横層薄膜上にネット状電極が形成されていない外は、実施例1と同様の方法によりGaN/N半導体横層構造を作製した。該p-GaN/N半導体横層薄膜上に、電極幅が50μmで電極間距離が50μmのランダム状のAl電極（表面の20%を覆う）を真空蒸着法により作製した。この素子の平面構造を図1-3に示す。

【0040】この方法により得られた素子をダイシングソーで切断し、ワイヤーボンダーにより金線を用いて配線を行った後、エボキシ樹脂によりパッケージングした。この素子の電極に10Vの電圧を印加して1.3mAの電流を注入すると、発光強度が6.0mcdの青色の発光が観測された。

【0041】

【実施例3】実施例1において、p-GaN/N半導体横層薄膜上にネット状電極が形成されていない外は、実施例1と同様の方法によりGaN/N半導体横層構造を作製した。該p-GaN/N半導体横層薄膜上に、電極幅が50μmで電極間距離が50μmのランダム状のAl電極（表面の20%を覆う）を真空蒸着法により作製した。この素子の平面構造を図1-4に示す。

【0042】この方法により得られた素子をダイシングソーで切断し、ワイヤーボンダーにより金線を用いて配線を行った後、エボキシ樹脂によりパッケージングした。この素子の電極に10Vの電圧を印加して1.3mAの電流を注入すると、発光強度が5.0mcdの青色の発光が観測された。

【0043】

【発明の効果】本発明の発光素子においては、窒化ガリウム系化合物からなる発光層を形成し、正型あるいは反型半導体層を表面層とし、その上に電圧を均一に印加するためのバターンを形成した電極を設け、電極側から光を取り出すことにより、発光効率が優れた発光素子を得ることができるという特長がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】薄膜作製に用いたガスソースMB法装置の概略図である。

【図2】実施例1の素子の電流-電圧測定を示した図である。

【図3】n-GaN/p-GaN構造発光素子の断面構造を示した図である。

【図4】n-GaN_{0.95}T_{0.05}N/p-GaN_{0.95}T_{0.05}N構造発光素子の断面構造を示した図である。

【図5】n-GaN/n-GaN/p-GaN構造発光素子の断面構造を示した図である。

【図6】n-GaN_{0.95}T_{0.05}N/i-GaN_{0.95}T_{0.05}N/p

GaN・In_xN構造発光素子の断面構造を示した図である。

【図7】n-GaN・In_xN/p-GaN・In_xN構造発光素子の断面構造を示した図である。

【図8】n-GaN・Al_xN/i-GaN・Al_xN構造発光素子の断面構造を示した図である。

【図9】n-GaN・In_xAl_yN/i-GaN構造発光素子の断面構造を示した図である。

【図10】n-GaN/p-GaN/n-GaN・In_xN/p-GaN・In_xN構造発光素子の断面構造を示した図である。

【図11】GaN系組成傾斜構造/n-GaN・In_xN/p-GaN・In_xN構造発光素子の断面構造を示した図である。

【図12】n-GaN・In_xN/量子井戸構造/p-GaN・In_xN構造発光素子の断面構造を示した図である。

【図13】GaN・GaN系超格子構造/n-GaN・In_xN/p-GaN・In_xN構造発光素子の断面構造を示した図である。

【図14】n-GaN・In_xN/p-GaN・In_xN/n-GaN・In_xN/p-GaN・In_xN構造発光素子の断面構造を示した図である。

【図15】ネット状電極を形成した発光素子の平面図を示す。

【図16】クシ状電極を形成した発光素子の平面図を示す。

【図17】ミアンダ状電極を形成した発光素子の平面図を示す。

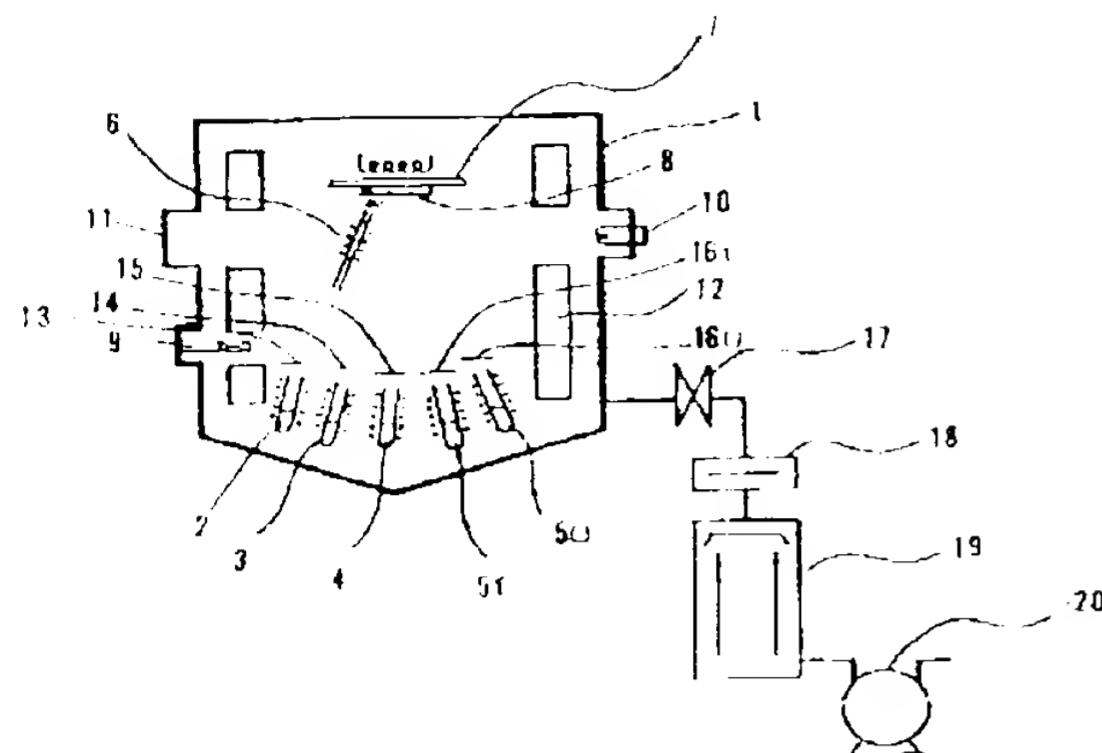
【図18】n⁺-GaN/n-GaN/p-GaN構造からなる発光層と該発光層が形成されていない基板面に金属性層が研削された構造からなる発光素子の断面構造を示した図である。

【符号の簡単な説明】

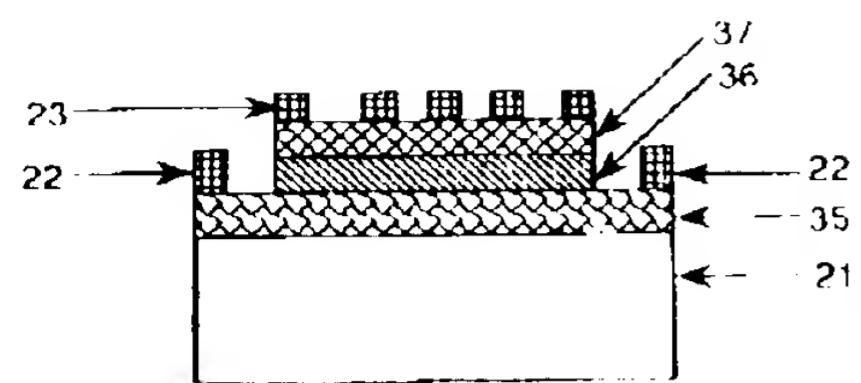
- 1 真空容器
- 2 蒸発用ルツボ
- 3 蒸発用ルツボ
- 4 蒸発用ルツボ
- 5 不蒸発用ルツボ
- 6 フラッキングガスセル

- 7 基板加熱セル
- 8 基板
- 9 四重極質量分析器
- 10 RHEED用電子銃
- 11 RHEEDスクリーン
- 12 クライオバネル
- 13 シャッター
- 14 シャッター
- 15 シャッター
- 16 インシャッター
- 17 GANシャッター
- 18 パルプ
- 19 ホールドトラップ
- 20 油抜散ポンプ
- 21 基板
- 22 n-GaN系半導体層に形成する電極
- 23 p-あるいはn-GaN系半導体層に形成する電極
- 24 n-GaN
- 25 p-GaN
- 26 n-GaN・In_xN
- 27 p-GaN・In_xN
- 28 n⁺-GaN
- 29 i-GaN
- 30 i-GaN・In_xN
- 31 p-GaN・In_xN
- 32 n-GaN・Al_xN
- 33 i-GaN・Al_xN
- 34 p-GaN・Al_xN
- 35 n-GaN・In_xAl_yN
- 36 i-GaN・In_xAl_yN
- 37 p-GaN・In_xAl_yN
- 38 GaN系組成傾斜構造
- 39 GaN・GaN系超格子構造
- 40 n-GaN・In_xN
- 41 n-GaN系半導体層に設けられた電極
- 42 n-GaN系半導体層
- 43 i-あるいはp-GaN系半導体層
- 44 ネット状電極
- 45 クシ状電極
- 46 ミアンダ状電極
- 47 金属性層

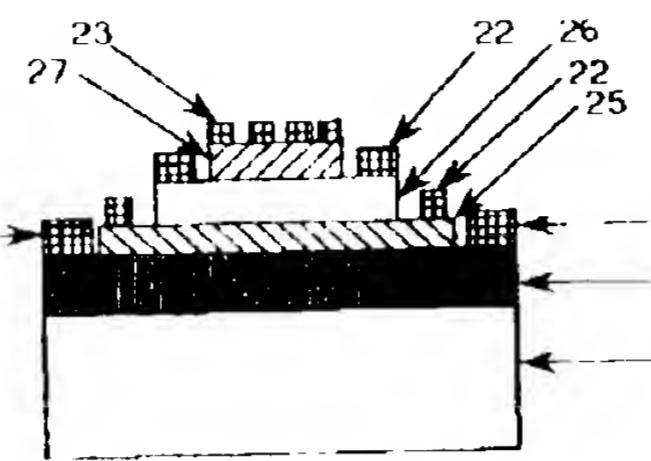
【図1】



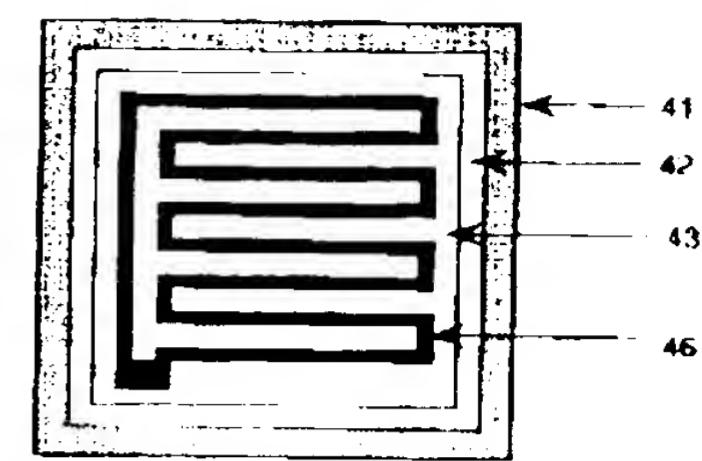
【図9】



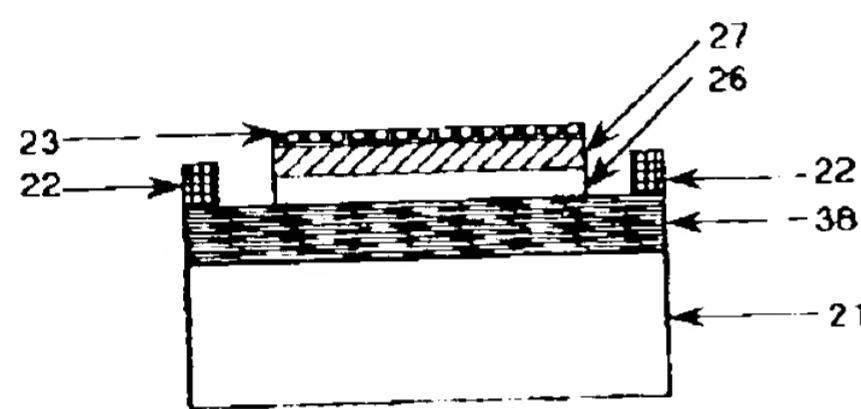
【図10】



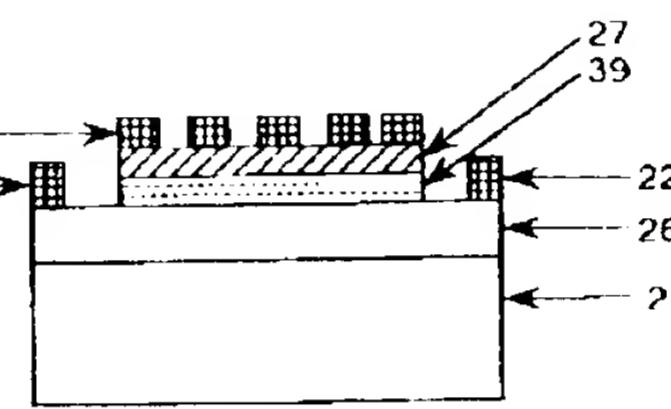
【図17】



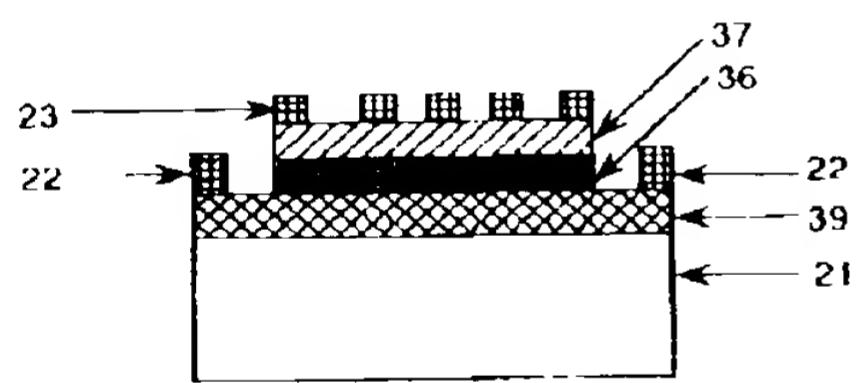
【図11】



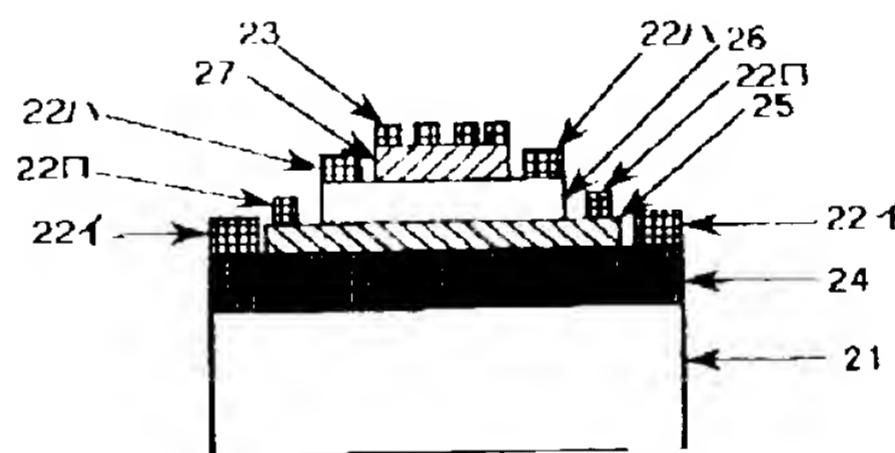
【図12】



【図13】



【図14】



【図18】

